

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-341441

(43)Date of publication of application : 13.12.1994

(51)Int.Cl.

F16C 33/62

C22C 38/00

C23C 8/32

(21)Application number : 05-152915

(71)Applicant : NIPPON SEIKO KK

(22)Date of filing : 31.05.1993

(72)Inventor : OKITA SHIGERU
UCHIUMI YASUO
KIUCHI AKIHIRO**(54) ROLLING BEARING****(57)Abstract:**

PURPOSE: To improve grinding efficiency and rolling fatigue life by using alloy steel of specific carbon content as the raw material, and respectively specifying the carbon concentration, the nitrogen concentration, and the nitrogen gradient of a surface layer of at least one of finished goods such as an outer ring, an inner ring, and rolling bodies, when the raw material is treated with a prescribed process so as to form a bearing.

CONSTITUTION: Alloy steel containing carbon in the range over 0.1 weight % and under 1.2 weight % is used as raw material, and after carbonitriding treatment and hardening heat treatment, the grinding allowance part is grindingly finished so as to form a rolling bearing. At this time, at least one of finished goods such as an outer ring, an inner ring, and rolling bodies is set so that in the surface layer the carbon concentration is over 0.9 weight % and under 1.6 weight %, the nitrogen concentration is over 0.05 weight % and under 0.3 weight %, and the nitrogen gradient is under 0.5 weight %/mm.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-341441

(43) 公開日 平成6年(1994)12月13日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 C 33/62				
C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z			
C 2 3 C 8/32		7516-4K		

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平5-152915

(22) 出願日 平成5年(1993)5月31日

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 沖田 滋

神奈川県横浜市鶴見区豊岡町8-12-311

(72) 発明者 内海 靖夫

神奈川県藤沢市遠藤850-11

(72) 発明者 木内 昭広

神奈川県平塚市龍城ヶ丘2-6 ドミトリ
一平塚408号

(74) 代理人 弁理士 森 哲也 (外2名)

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【要約】

【目的】 研削効率を向上すると共に、転がり疲れ寿命を大幅に向上した転がり軸受を提供する。

【構成】 浸炭窒化処理及び硬化熟処理後の研削取代部に、窒素を0.3重量%以下含有し、完成品表面層に、炭素を0.9重量%以上且つ1.6重量%以下の範囲で含有すると共に、窒素を0.05重量%以上且つ0.3重量%以下の範囲で含有し、且つ完成品表面層の窒素勾配が、0.5%/mmである転がり軸受。

(A)



図 1

(B)



図 2

(C)



図 3

【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭素を0.1重量%以上且つ1.2重量%以下の範囲で含有した合金鋼を素材とし、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後、研削取代部に研削仕上げが施された転がり軸受において、前記転がり軸受の外輪、内輪及び転動体の完成品の少なくとも一つは、表面層の炭素濃度が、0.9重量%以上且つ1.6重量%以下、表面層の窒素濃度が、0.05重量%以上且つ0.3%以下、表面層の窒素勾配が0.5重量%/mm以下、であることを特徴とする転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、転がり軸受に関わり、特に、自動車、農業機械、建設機械及び鉄鋼機械等のトランスミッションやエンジン用として使用される高寿命な転がり軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、転がり軸受は、通常、浸炭用鋼からなる素材を圧延した後、これを熱間、温間または冷間で鍛造ならびに旋削される。そして、転がり軸受の寿命を向上させるために、例えば、650～900℃の範囲内の温度で浸炭窒化処理を施した後、油冷却したり、または、900～950℃の範囲内の温度で浸炭処理した後、800～860℃の範囲内の温度で浸炭窒化処理を施し、さらに油冷却する等の、表面硬化処理が施されている。この表面硬化処理により、転がり軸受の焼戻し抵抗性が大幅に改善され、耐摩耗性、耐食性を向上させ、長寿命な軸受を得ている。

【0003】近年では、転がり軸受の使用環境が益々厳しくなっており、さらなる軸受寿命の向上が要求されてきている。そこで、特公昭62-24499号公報や特開平2-34766号公報に開示されているように、浸炭等の熱処理により、低中炭素低合金鋼表面に球状カッティング炭化物を析出させることで、鋼表面（軌道輪及び転動体の表面）の硬さを向上させ、軸受寿命を向上させる従来例が紹介されている。

【0004】また、特開昭64-55423号公報に開示されているように、異物が混入している潤滑下で転がり軸受を使用する場合でも、軸受の転がり表面層の炭素の含有量、残留オーステナイト量（ γ_R vol%）、及び炭窒化物の含有量を適正值にすることで、異物により生じる圧痕のエッジ部における応力の集中を緩和し、クラックの発生を抑え、転がり寿命を向上する従来例が紹介されている。

【0005】しかしながら、前記特公昭62-24499号公報や特開平2-34766号公報に開示されている従来例のように、軌道輪及び転動体の表面硬さを向上すると、異物による圧痕の付き方が軽減される反面、当該軌道輪及び転動体の靱性が低下し、潤滑油中に存在す

る異物により引き起こされる損傷箇所からクラックが生じ、それが起点となって早期にフレーキングが生じ、軸受寿命を十分に向上することができないという問題があった。

【0006】また、前記特開昭64-55423号公報に開示されている従来例は、適当量の残留オーステナイトにより異物混入潤滑下での寿命向上を図ることができる反面、残留オーステナイトにより表面硬さが低下して、耐疲労性が下がるという問題があった。即ち、残留オーステナイト量（ γ_R vol%）と表面硬さ（Hv）との適正な関係について、未だ改良の余地があった。

【0007】そこで、本願出願人は、転がり軸受の転がり表面層における残留オーステナイト量（ γ_R vol%）と表面硬さ（Hv）との最適な関係を見だし、さらに、転がり表面層に存在する炭化物、炭窒化物の平均粒径を最適な値にすることで、残留オーステナイトの存在により表面硬さの低下を改善した、長寿命な転がり軸受を紹介している。

【0008】さらに、特開平3-24258号公報に開示されているように、浸炭鋼部品に750～800℃の温度範囲で浸窒処理を施した後、900℃以上の温度で浸炭処理を行う、または、800℃以上の温度で浸炭窒化処理を施すことで、前記浸窒処理により、表面層に窒素を侵入させて表面窒素濃度を高め、その後の浸炭処理によりこの窒素を拡散させて炭素と共に深く侵入させ、長寿命な転がり軸受を提供する従来例が紹介されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来の転がり軸受は、通常、一般的な処理温度と言われている650～900℃程度の温度で浸炭窒化処理等が施されている。前記のように、一般的な処理温度で浸炭窒化処理が施された転がり軸受では、熱処理後の表面層に、必要以上に多量の窒素が含まれるため、炭窒化物が多量に析出し易く、さらに、表面層に必要以上に含有された窒素の影響により、焼戻し抵抗性や耐摩耗性が向上してしまう。また、必要以上に残留オーステナイトが生成されることもあり、研削加工性が低下するという問題があった。即ち、研削加工性については、あまり考慮されていなかった。

【0010】また、前記浸炭窒化処理や浸窒処理は、通常の浸炭処理に比べて処理温度が低い場合、浸炭処理で得られる硬化層と同一の硬化層を得るまでに時間がかかり、生産性が低下すると共に、設備費も増加するという問題があった。さらにまた、前記温度における浸炭窒化処理等は、処理時間が長くなり、これに起因して素材のフローに沿って炭窒化物が粗大化し易く、この粗大化した炭窒化物がクラックの起点となって疲労寿命が低下するという問題があった。

【0011】本発明は、このような問題を解決すること

を課題とするものであり、研削効率を向上すると共に、転がり疲れ寿命を大幅に向上した転がり軸受を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、本発明は、炭素を0.1重量%以上且つ1.2重量%以下の範囲で含有した合金鋼を素材とし、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後、研削取代部に研削仕上げが施された転がり軸受において、前記転がり軸受の外輪、内輪及び転動体の完成品の少なくとも一つは、表面層の炭素濃度が、0.9重量%以上且つ1.6重量%以下、表面層の窒素濃度が、0.05重量%以上且つ0.3%以下、表面層の窒素勾配が0.5重量%/mm以下、であることを特徴とする転がり軸受を提供するものである。

【0013】但し、本発明において、表面層とは、研削後の完成品表面からせん断応力が最大となる転動体直径Daの2%に相当する深さ（以後、『2%Da深さ』という）までをいう。また、窒素勾配とは、表面層における深さ方向の窒素濃度（重量%）の変化の割合（重量%/mm）のことで、 $\{(\text{完成品表面の窒素濃度}) - (2\%Da\text{深さの窒素濃度})\} / 2\%Da\text{深さ}(\text{重量}\%/\text{mm})$ で定義する。

【0014】前記浸炭窒化処理は、900℃を越える温度で行うか、または、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から拡散処理を行うか、または、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から900℃を越える温度で浸炭窒化処理を行うか、のいずれかの方法とすることが好適である。

【0015】

【作用】本発明に係る転がり軸受は、前記浸炭窒化及び硬化熱処理後の研削取代部に、窒素が0.3重量%以下で含有されるようにしたため、前記研削取代部に、必要以上に窒素が含有されることがない。従って、前記窒素の影響により、焼戻し抵抗性や耐摩耗性が必要以上に向上してしまふことが防止され、研削加工性が向上される。

【0016】また、完成品の表面層に、窒素を0.05重量%以上且つ0.3重量%以下の範囲で含有することで、浸炭窒化処理によって、巨大化した炭化物を析出することなく微細炭化物を得ることができ、転がり疲れ寿命を大幅に向上することができる。以下、本発明に係る転がり軸受に含まれる各種元素の含有量の臨界的意義等について説明する。

【0017】『素材芯部の炭素含有量；0.1重量%以上且つ1.2重量%以下』転がり軸受として必要な硬さ（HRC60以上）を得るためには、当該転がり軸受の表面層に、炭素が0.6重量%以上含有されていることが必要である。素材（軸受材料）に浸炭窒化処理を施して表面硬化を行う際、当該素材芯部の炭素含有量が0.1重量%未満であると、後述の本発明に係る浸炭窒化処

理によっても、浸炭窒化処理時間が長くなり、コストがかかると共に生産性を低下する。また、芯部に硬さが不足して塑性変形を起こし、転がり軸受の寿命を低下する。

【0018】一方、前記素材の芯部の炭素含有量が1.2重量%を越えると、前記浸炭窒化処理を行う前に特別な前処理を行わないと、製鋼過程で、Fe₃C₇、Cr₃C等の巨大炭化物が析出し、また、浸炭窒化処理後にも前記のような巨大炭化物が析出し易く、析出した巨大炭化物が起点となってクラックが生じ、転がり軸受の寿命を著しく低下させてしまう。さらにまた、浸炭窒化処理を行った際に、素材に進入する炭素量及び窒素量が低下するため、マトリックスに固溶する炭素、窒素の割合が低下して不均一な固溶状態となり、この部分が応力集中源となり、転がり軸受の寿命を低下してしまう。

【0019】従って、素材芯部の炭素含有量を0.1重量%以上且つ1.2重量%以下に限定した。

『浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部における窒素含有量；0.3重量%以下』一般的な処理温度と言われている650～900℃程度の温度で浸炭窒化処理を行うと、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部に、必要以上に多量の窒素が含まれることが知られている。このため、前記研削取代部に炭窒化物が多量に析出し易く、また、研削取代部に含有された窒素の影響により、焼戻し抵抗性や耐摩耗性が必要以上に向上し、研削加工性が低下してしまう。

【0020】これより、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部に含有される窒素量を限定することで、前記窒素の含有に起因した研削加工性の低下を抑制することができることが判る。そこで、前記研削取代部における窒素含有量に起因した研削加工性の低下状況を以下の方法で調査した。

【0021】（調査方法）浸炭窒化処理及び硬化熱処理を施した後の研削取代部における窒素含有量が、0～1.0重量%の範囲内である転がり軸受の内輪軌道面に相当するサンプルを砥石で研削し、各々の窒素含有量における砥石の形状くずれ及び目詰まりの状態を観察し、砥石のドレスを行うまでに研削したサンプル数（研削回数）を調査した。なお、調査は、以下に示す条件で行った。

【0022】（条件）

砥石	WA100
研削液	ソリュブルタイプ
研削の周速度	2800～3000m/min

この結果を図9に示す。

【0023】図9から、研削取代部の窒素含有量が、0.3重量%以下であると、ドレスまでの研削個数が大幅に増加し、研削加工性が極めて向上することが確認された。これより、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部における窒素含有量を、0.3重量%以下に限定

した。また、図9から、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部における窒素含有量を0.25重量%以下にすることで、研削加工性がさらに向上することが確認された。従って、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部における窒素含有量は、0.25重量%以下にすることがより望ましい。

【0024】『浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の完成品表面層における炭素含有量；0.9重量%以上且つ1.6重量%以下』転がり軸受完成品の寿命化を達成するためには、完成品の表面硬さと残留オーステナイト量とが最適な関係となる必要がある。ここで、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の完成品表面層における炭素含有量が0.9重量%未満であると、完成品の表面硬さ(Hv)が十分に得られず、完成品の寿命を向上することが困難となる。

【0025】一方、前記浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の完成品表面層における炭素含有量が1.6重量%を越えると、完成品に、Fe₃C₁、Cr₃C等の巨大炭化物が析出し、これが起点となってクラックが生じ、転がり軸受の寿命を著しく低下させてしまう。従って、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の完成品表面層における炭素含有量を0.9重量%以上且つ1.6重量%以下に限定した。

【0026】『完成品表面層の窒素含有量；0.05重量%以上且つ0.3重量%以下』浸炭窒化処理及び硬化熱処理後、研削仕上げが施された完成品の表面には、転がり軸受の寿命の向上に必要な量の窒素を含有することが要求される。この完成品の表面層における窒素含有量と、転がり寿命との関係を以下の方法で調査した。

【0027】(調査方法)完成品の表面層における窒素含有量が0~0.6重量%の範囲内にあるサンプルを各窒素含有量毎に10個用意し、各サンプルについて、異物混入潤滑下における転がり寿命試験を『特殊鋼便覧』第一版(電気製鋼研究所編、理工学社、1969年5月25日発行)第10~21頁記載のスラスト型軸受鋼寿命試験機を用いて行い、各サンプルにフレーキングが発生した時点までの累積応力繰返し回数(寿命)を調査してワイブルプロットを作成し、各ワイブル分布の結果から各々のL₁₀寿命を求めた。なお、試験条件を以下に示す。

【0028】(条件)

転動体直径D_a 9.5mm (2%D_a≒0.18mm)
 P_{max} (面圧) 4900MPa
 回転数 3000rpm
 潤滑油 #68タービン油
 混入異物 組成；Fe₃C系粉
 硬さ；HRC52
 粒径；74~147μm
 混入量；潤滑油中に300ppm

この結果を図10に示す。

【0029】図10から、完成品の表面層における窒素含有量が、0.05重量%未満であると、窒素の固溶不足により、微細炭窒化物が得られず、転がり寿命(L₁₀寿命)が大幅に低下することが確認できる。大型の軸受においては、せん断応力が最大となる2%D_a深さが深くなる(即ち、表面層が深くなる)。大型の軸受の場合も転がり疲労寿命向上に、表面層に適正な量の窒素を含有することが要求されることは、同様である。従って、小型軸受の場合に比べ、より深く窒素が侵入することが必要となる。

【0030】ところで、異物混入潤滑下では、転動面の表面の残留オーステナイト量や、硬さ(窒素含有量)等が転がり疲労寿命に対して影響が大きいのに対し、クリーン潤滑下や準高温クリーン潤滑下では、最大せん断応力位置の硬さ、窒素含有量も転がり寿命に対し大きく影響する。そこで、大型の軸受として円筒ころ軸受NU220(外径180、内径100、幅34)を選び、完成品の窒素含有率(2%D_a深さにおける)と、クリーン潤滑下及び準高温クリーン潤滑下における転がり寿命の関係を以下の方法で調べた。

(調査方法)日本精工(株)製のラジアル軸受用の耐久試験機を用い、以下の試験条件とした他は、前記調査方法に準じ、L₁₀寿命(但し、単位は、hr)を求めた。

(条件)

・クリーン潤滑下

転動体直径D_a 20mm (2%D_a=0.4mm)
 P_{max} (面圧) 2500MPa
 回転数 1500rpm
 潤滑油 #68タービン油
 油温 70~80℃

・準高温クリーン潤滑下

転動体直径D_a 20mm (2%D_a=0.4mm)
 P_{max} (面圧) 2500MPa
 回転数 1500rpm
 潤滑油 #150タービン油
 油温 130~140℃

これらの結果を図11及び図12に示す。

【0031】図11から、2%D_a深さでの窒素含有率が0.05重量%未満だと、転がり疲れ寿命が低下してしまうことが確認できる。これは、窒素の固溶不足により、焼戻し抵抗性や微細炭窒化物を十分に得ることができないためである。さらに、図12から、通常、軸受が使用される温度より若干高い準高温では、2%D_a深さの窒素含有量が0.05重量%未満の場合には、さらに顕著に転がり疲労寿命が低下することが確認できる。

【0032】また、完成品の表面層における窒素含有量が、0.3重量%を越えるサンプルは、前記浸炭窒化処

理及び硬化熱処理後の研削取代部の表面層における窒素含有量が0.3重量%を越えてしまい、研削加工性の向上に支障を来してしまう。従って、完成品表面層における窒素含有量を0.05重量%以上且つ0.3重量%以下に限定した。

【0033】『完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mm以下』研削取代部の窒素含有量を0.3重量%以下に抑えるための後述する特殊浸炭窒化熱処理を行うことで、研削取代部はもとより、完成品表面層においても炭素、窒素（特に窒素）の深さ方向における濃度勾配が小さくなる傾向にある。これは、前記処理により窒素が表面から内部へ深く拡散させることができるためである。

【0034】図7に、完成品表面層の窒素勾配と、研削取代部の窒素含有量（重量%、最大値）との関係を示す。図7から、完成品表面層の窒素勾配が0.5重量%/mmを越えると、研削取代部の窒素含有量が0.3重量%を越えてしまうことが確認できる。従って、完成品表面の窒素勾配を0.5重量%/mm以下と限定した。また、研削加工性をより考慮すると、望ましくは、完成品表面の窒素勾配を0.4重量%/mm以下とすることが好適である。

【0035】一方、大型の軸受においては、研削取代部の窒素含有量が、0.3重量%を越えており、寿命も短いのに、完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mm以下となるものがある（後述する表2参照）。しかしながら、これらは、前記完成品表面層の窒素含有量についての条件、即ち、含有量が0.05～0.3重量%の条件を満たさない（2%D_a深さで、0.05重量%未満となる）。

【0036】同様に、小型の軸受において、研削取代部で窒素含有量が、0.3重量%を越えるのに、完成品表面層の窒素含有量が、0.05～0.3重量%を満たすものがある（後述する表1参照）。しかしながら、これらは、窒素勾配0.5重量%/mm以下の条件を満たさない。即ち、小型軸受から比較的大型の軸受まで、前記2つの条件を同時に満たせば、研削加工性と転がり耐久性を同時に得ることができる。

【0037】次に、本発明に係る熱処理方法について以下に述べる。

『浸炭窒化処理』浸炭処理では、転がり軸受の寿命を向上する目的で、残留オーステナイト量（ $\gamma_R vol\%$ ）を最適な値（例えば、25～45vol%）とし、さらに残留オーステナイトの存在による表面硬さの低下を補償するため、素材に浸炭処理を施した後、ダイレクトクエンチによる焼入れを行い、当該焼入れ温度を高くする方法をとっている。

【0038】しかしながら、前記焼入れ温度を高くすると、マトリックスに炭素が溶け込む量が多くなり、炭化物へ向けられる炭素が減少するため、生成される炭化物

が減少し、必要な表面硬さを得ることが困難となる。そこで、前記炭素濃度を高くして浸炭を行うと、今度は巨大炭化物が発生してしまい、これが起点となってクラックが発生してしまう。

【0039】一方、浸炭窒化処理では、マトリックスに炭素と窒素が共に溶け込むため、当該窒素がマトリックスに溶け込む分だけ炭素がマトリックスに溶け込む量を減少しても、前記浸炭処理を行った際と同様の表面硬さを得ることができる。このため、浸炭処理に比べて炭素濃度を減少させることができるため、巨大炭化物の発生を抑制することができる。

【0040】さらに、浸炭窒化処理により得られる炭窒化物は、浸炭処理により得られる炭化物よりも微細であり、転がり軸受の寿命を向上する上で有効である。従って、本発明では、浸炭窒化処理を採用した。さらに、前記浸炭窒化処理を900℃を越える温度で行うか、または、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行った後に、900℃を越える温度で拡散処理を行うこと、または、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行った後、900℃を越える温度で浸炭窒化処理を行うことで、前記研削取代部における窒素含有量及び完成品の表面層における窒素含有量を、容易に最適値（請求項1記載の値）にすることが可能となる。以下、この理由を述べる。

【0041】『浸炭窒化処理温度；900℃を越える温度』浸炭窒化処理に使用するアンモニアの分解率は、通常の浸炭窒化処理温度でもかなり高く、『熱処理』8巻6号（日本熱処理技術協会、1968年12月発行）第404頁記載、または、『日本金属学会誌26』（日本金属学会編、1962年発行）第91頁記載、に紹介されているように、900℃を越える温度では、窒素が殆ど認められなくなるという場合もある。

【0042】しかしながら、本発明に係る浸炭窒化処理では、900℃を越える温度で浸炭窒化処理を行うと、前記研削取代部における窒素含有量が、0.1重量%以上且つ0.3重量%以下の範囲になることを見いだした。さらに、通常の浸炭窒化処理では、研削取代部の窒素含有量が著しく高くなってしまい、研削加工性を低下していたが、本発明に係る900℃を越える温度で行う浸炭窒化処理では、研削取代部表面から完成品表面に相当する深さまで、ほぼ均一の窒素濃度分布を得ることができる。

【0043】さらにまた、一般の温度で行う浸炭窒化処理に比べ、深い硬化層を得ることができ、さらに素材のフローに沿って粗大化する炭窒化物を無くすことができ、転がり寿命の向上に大いに貢献することができる。また、前記浸炭窒化処理は、さらに好ましくは、900℃を越え且つ980℃未満の範囲内の温度で行うことが望ましい。

【0044】前記浸炭処理温度が900℃以下であると、前記最適な窒素含有量を得るためには、当該浸炭窒

化処理後に拡散処理を行う必要が生じ、処理時間が長くなってしまふ。一方、前記浸炭処理温度が980℃以上では、焼戻し抵抗性、耐摩耗性を得るために必要な窒素含有量を得ることが困難となると共に、大がかりな炉設備が必要となる。

【0045】これより、900℃を越える温度で浸炭窒化処理を行うこと、さらに好ましくは、900℃を越え且つ980℃未満の範囲内の温度で浸炭窒化処理を行うことが好適である。この方法は、比較的大型の軸受にも適用できることなどから、最も好適な方法である。

【0046】『900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から拡散処理を行う』通常の浸炭窒化処理温度（900℃以下）で、浸炭窒化処理を行うと、前記研削取代部の窒素含有量が高くなり、研削加工性が低下する。従って、浸炭窒化処理の途中で、アンモニアガスの供給を停止（エンリッチガスの供給は停止しない）し、前記研削取代部に含有された窒素を通常の浸炭窒化温度で拡散させ、当該研削取代部における窒素量を低減し、研削取代部表面から完成品表面に相当する深さまで、ほぼ均一の窒素濃度分布を得てもよい。

【0047】また、この場合、浸炭窒化処理は、850℃以上且つ900℃以下の範囲内の温度で行うことがより好適である。前記浸炭窒化処理温度が850℃未満であると、マトリクスに炭素が侵入しにくくなり、窒素の侵入量が増加して、拡散時間が長くなってしまふ。従って、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行った後、さらに好ましくは、850℃以上且つ900℃以下の範囲内の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から拡散処理を行うことが好適である。

【0048】この方法でも、比較的小型の軸受であれば、転がり寿命と研削加工性の両立という本願の目的を満たす転がり軸受を得ることができる。

『900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行、途中から900℃を越える温度で浸炭窒化処理を行う』通常の浸炭窒化処理温度（900℃以下）で、ある程度浸炭窒化処理を行ない、途中から浸炭窒化処理温度を900℃を越える温度に上昇することで、窒素ポテンシャルが低下することができるため、前記研削取代部に侵入した窒素の拡散を行うことができる。従って、研削取代部表面から完成品表面に相当する深さまで、ほぼ均一の窒素濃度分布を得ることができる。この場合も、前記と同様の理由から、最初の浸炭窒化処理は、850℃以上且つ900℃以下の範囲内の温度で行うことがより好適である。

【0049】この方法でも、第1の方法とほぼ同様な効果が得られる。

『焼入れ処理』前記のような各種浸炭窒化処理の後に行う焼入れ処理（硬化熱処理）は、以下のように行うことが好適である。一般に、従来の浸炭窒化処理は、焼入れ性を向上する、あるいは、炭素と窒素の固溶強化を行う目的で行っていたため、焼入れ性の向上、炭素と窒素の

固溶強化を行うに十分な炭素量及び窒素量が得られればよく、浸炭窒化処理後、ダイレクトに焼入れ（ダイレクトクエンチ）を行っていた。

【0050】しかしながら、本発明の中で、高温で浸炭窒化処理した場合は、ダイレクトクエンチを行うと、長時間加熱により結晶粒度が粗大化し、機械的強度が低下すること、また芯部で素材の炭素量が必要以上に固溶することにより、残留オーステナイトが増加して寸法安定性が悪化することが懸念される。そこで、本発明では、浸炭窒化温度から、A₁変態点（723℃）以下に温度を下げた後、再びA₁変態点以上（焼入れ温度）に上昇保持し、焼入れ・焼戻しを行う。即ち、2次焼入れを行うことで、結晶粒度の微細化及び芯部の残留オーステナイトを低く抑えることができる。また、2次焼入れ温度の選択により、適量の残留オーステナイトを容易に得ることができる。

【0051】但し、さらに素材の炭素量が0.5重量%以下の場合は、ダイレクトクエンチを行っても、硬さの低い芯部の存在により機械的強度の低下を抑え、芯部の残留オーステナイト量も抑えることができる。そして、前述した浸炭窒化処理により、表面層の窒素量が低く表面層に適量の残留オーステナイトを得ることが可能になっているので、コスト上、炭素量が0.5重量%以下の素材を用いてダイレクトクエンチ、あるいは浸炭窒化温度から若干温度を下げて（A₁変態点以上）からダイレクトに焼入れを行う（ステップクエンチ）ことが望ましい。

【0052】なお、本発明において、『表面層』とは、研削後の完成品表面からある所望深さまでの範囲をいい、せん断応力が最大となる転動体平均直径の2%に対応する深さ（2%Da深さ）までをいう。

【0053】

【実施例】次に、本発明に係る一実施例について説明する。素材（軸受材料）として、通常肌焼鋼（SCR440、SCR420）、軸受鋼（SUJ2）を用い、これらの素材に、以下に示す熱処理を行った。なお、各素材に対する熱処理の種類は、表1に示す。

【0054】『熱処理A』図1に示すように、温度940～960℃で、5時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス＝0.3～0.7%、アンモニアガス＝3～10%の条件で浸炭窒化処理を行った後、室温まで放冷し、次いで840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行う。

【0055】『熱処理B』温度920～940℃で、5時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス＝0.3～0.7%、アンモニアガス＝3～10%の条件で浸炭窒化処理を行った後、室温まで放冷し、次いで840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行

う。

【0056】『熱処理BX』図4に示すように、920～940℃で、5時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス=0.3～0.7%、アンモニアガス=3～10%の条件で浸炭窒化処理を行った後、840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行う。

【0057】『熱処理C』図2に示すように、温度870～890℃で、4時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス=0.3～0.7%、アンモニアガス=3～10%の条件で浸炭窒化処理を行い、そのままアンモニアガスの供給のみを停止し、拡散処理を1時間行う。その後、室温まで放冷し、次いで、840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行う。

【0058】『熱処理D』図3に示すように、温度870～890℃で、3時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス=0.3～0.7%、アンモニアガス=3～10%の条件で浸炭窒化処理を行い、そのまま温度のみを940～960℃に昇温し、2時間浸炭窒化処理を行い、その後、室温まで放冷し、次いで、840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行う。

【0059】『熱処理E』温度840～860℃で、5時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス=0.3～0.7%、アンモニアガス=3～10%の条件で浸炭窒化処理を行った後、室温まで放冷し、次いで、840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行

う。

【0060】『熱処理F』温度860～880℃で、5時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス=0.3～0.7%、アンモニアガス=3～10%の条件で浸炭窒化処理を行った後、室温まで放冷し、次いで、840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行う。

【0061】『熱処理G』温度870～890℃で、5時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス=0.3～0.7%、アンモニアガス=3～10%の条件で浸炭窒化処理を行った後、室温まで放冷し、次いで、840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行う。

【0062】『熱処理H』温度920～940℃で、5時間、通常の浸炭処理を行った後、室温まで放冷し、次いで、840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行う。

『熱処理AX』温度980～990℃で、5時間、R_xガス雰囲気で、エンリッチガス=0.3～0.7%、アンモニアガス=3～10%の条件で浸炭窒化処理を行った後、室温まで放冷し、次いで840～860℃で30分間保持した後、焼入れ（硬化熱処理）を行い、次いで、160～200℃で2時間焼戻しを行う。

【0063】

【表1】

サンプル No.		鋼 種	熱処理	研削取 代部 N %	完 成 品 表 面 層				寿 命 L ₁₀ ×10 ⁴	ドレス の研削 個数 (個)
					表 面 C %	表 面 N %	2 %Da N %	Δ N / 2%Da (%/mm)		
実 施 例	1	SCR440	A	0.28	1.16	0.24	0.16	0.42	33.4	26
	2	SCR440	A	0.21	1.21	0.16	0.10	0.31	29.7	28
	3	SCR440	B	0.13	1.32	0.11	0.08	0.10	25.2	29
	4	SCR440	BX	0.08	1.36	0.07	0.06	0.05	20.4	20
	5	SUJ2	B	0.26	1.48	0.20	0.12	0.42	33.1	27
	6	SCR420	B	0.25	1.18	0.18	0.11	0.37	35.8	27
	7	SCR440	C	0.27	1.25	0.20	0.12	0.42	30.6	26
	8	SCR440	C	0.11	1.30	0.10	0.06	0.10	28.5	29
	9	SCR440	D	0.24	1.27	0.17	0.10	0.37	26.3	28
	10	SCR440	D	0.12	1.35	0.11	0.08	0.10	22.6	28
比 較 例	11	SCR440	AX	0.06	1.41	0.03	0.02	0.05	7.5	29
	12	SCR440	E	0.88	1.12	0.42	0.22	1.05	28.3	9
	13	SCR440	E	0.63	1.16	0.31	0.16	0.79	29.8	10
	14	SUJ2	E	0.55	1.39	0.25	0.10	0.79	33.4	11
	15	SCR420	E	0.74	1.11	0.36	0.20	0.84	32.7	10
	16	SCR440	F	0.81	1.21	0.39	0.21	0.94	30.2	9
	17	SCR440	F	0.48	1.27	0.30	0.17	0.68	31.6	13
	18	SCR440	G	0.42	1.22	0.26	0.14	0.63	35.5	14
	19	SCR440	G	0.36	1.36	0.21	0.11	0.52	31.5	17
	20	SCR440	H	—	1.03	—	—	—	5.3	29
比 較 例	21	SUJ2	G	0.34	1.69	0.19	0.09	0.52	6.8	18
	22	SCR420	G	0.45	0.88	0.27	0.15	0.63	7.1	13

【0064】前記各々の熱処理を行ったサンプル（サン 30
プルNo. 1～20）について、研削取代部の窒素含有
量（重量%）及び完成品表面の炭素含有量及び、完成品
の表面層（表面及び2%D_a深さ）における窒素含有量
（重量%）、表面層の窒素勾配（%/mm）及び転がり
寿命（L₁₀）、ドレスまでの研削個数（個）を調査し
た。なお、転がり寿命（L₁₀）及びドレスまでの研削個
数（個）の調査は、前記作用に記載した方法に準じて行
った。

【0065】この結果を表1に示す。また、図5に、前
記各サンプルの研削取代部における窒素含有量（重量 40
%）とドレスまでの研削個数（個）との関係を、図6
に、完成品の表面層における窒素含有量（重量%）と転
がり寿命（L₁₀）との関係を、図7に完成品の表面層に
おける窒素含有量（重量%）と研削取代部における窒素
含有量（重量%）との関係を示す。

【0066】さらに、作用で述べた円筒ころ軸受につい
てのデータを表2に示す。

【0067】

【表2】

サンプル No.	鋼種	熱処理	研削取 代部 N%	完 成 品 表 面 層				クリー ン 寿命 L ₁₀ (Hr)	高温 クリー ン 寿命 L ₁₀ (Hr)
				表 面 C%	表 面 N%	2%Da N%	ΔN/2%Da (%/mm)		
23	SCR440	A	0.28	1.05	0.16	0.10	0.15	327	312
24	SCR440	B	0.15	1.10	0.11	0.07	0.10	316	303
25	SCR440	D	0.22	1.08	0.13	0.08	0.13	302	308
26	SCR440	E	0.74	1.03	0.23	0.02	0.53	118	84
27	SCR440	F	0.65	1.07	0.20	0.03	0.43	126	85
28	SCR440	G	0.53	1.09	0.19	0.03	0.40	131	99
実 施 例									
比 較 例									

【0068】前記表1及び図5から、前記研削取代部の窒素含有量が0.3重量%以下のサンプルは、ドレスまでの研削個数が26個以上と良好であるのに対し、研削取代部の窒素含有量が0.3重量%を越えたサンプルは、ドレスまでの研削個数が大幅に減少し、研削加工性が大幅に低下したことが確認される。この結果から、研削取代部における窒素含有量を0.3重量%以下にすることで、転がり軸受の研削加工性を向上することができることが立証された。

【0069】また、表1、表2及び図6、図11、図12から、サンプルNo. 21を除き、完成品の表面層における窒素含有量が0.05重量%以上のサンプルは、完成品の表面層における窒素含有量が0.05重量%未

満であるサンプルに比べ、転がり寿命(L₁₀)が大幅に向上していることが確認された。ここで、完成品の表面層における窒素含有量が、0.3重量%を越えるサンプルは、前記浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部の表面層における窒素含有量が0.3重量%を越えてしまい、研削加工性の向上に支障を来すため適当でない。

【0070】サンプルNo. 21は、完成品表面層における窒素含有量が、0.05重量%以上にもかかわらず、転がり寿命が低いが、これは、完成品表面層の炭素の含有量が、1.6重量%を上回っていることにより、転がり寿命に対し、有害な巨大炭化物の析出が生じているためである。サンプルNo. 22も転がり寿命が低いが、これは、完成品表面層の炭素の含有量が0.9重量%を下回っており十分な表面硬さが得られないためである。

【0071】さらに、前記表1、表2及び図7から、研削取代部における窒素含有量が0.3重量%以下のものは、完成品表面層における窒素勾配が、0.5重量%/mm以下になることが確認された。そして、実施例1～10、サンプル21～23のいずれも、本発明に係る熱処理(熱処理A、熱処理B、熱処理BX、熱処理C及び熱処理Dのいずれか)が施されていることが確認された。

【0072】サンプルNo. 11は、窒素勾配の条件を満たしており、ドレスインターバルが大きくなっているが、窒素含有量が少なすぎるため、転がり寿命が短くなっている。これは、熱処理AXの浸炭窒化処理温度が、980～990℃と高すぎるためである。逆に、完成品表面層の窒素含有量が、0.05～0.3重量%でも、研削取代部の窒素含有量0.3重量%を上回るもの(比較例14、17～19、21、22)があるが、これらは、完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mmを上回っている。また、完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mm以下でも、研削取代部の窒素含有量が、0.3重量%を上回り、転がり寿命も短いもの(比較例27、28)があるが、これらは、2%Da深さの窒素含有量が、0.05重量%を割っている。即ち、完成品表面層の窒素含有量と窒素勾配の条件を同時に満たすことが必要である。

【0073】以上の結果から、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部における窒素含有量が0.3重量%以下、及び完成品表面の炭素が含有量が0.9重量%以上かつ1.6重量%以下の範囲であって、完成品の表面層における窒素含有量が0.05重量%以上かつ0.3重量%以下の範囲で、さらに、完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mm以下であるサンプル(No. 1～No. 10及びNo. 23～25;発明品)は、研削加工性及び転がり寿命が大幅に向上したことが立証された。

【0074】次に、本発明に係る転がり軸受(熱処理A

を施したサンプル)の表面層近傍の金属組織と、従来の転がり軸受の表面層近傍の金属組織の代表例を示す。図8(A)及び(B)は、それぞれ表1のサンプルNo. 13及びサンプルNo. 18の従来の転がり軸受の表面層近傍の金属組織を示す顕微鏡写真であり、図8(C)は、本発明に係るサンプルNo. 1の転がり軸受の表面層近傍の金属組織を示す顕微鏡写真である。

【0075】図8から、従来の転がり軸受は、浸炭窒化処理の条件に応じて、表面近傍で炭窒化物の粗大化が顕著であるが、本発明に係る転がり軸受は、炭窒化物の粗大化がほとんど認められず、窒素が表面近傍に偏ってしまうこともなく、転がり軸受の寿命向上に貢献する微細炭窒化物が得られると同時に、良好な研削加工性も得られやすいことが確認された。

【0076】なお、本実施例では、素材として、SCR440、SCR420及びSUJ2を使用した、これに限らず、芯部に炭素を0.1重量%以上且つ1.2重量%以下の範囲で含有し、転がり軸受を製造することが可能な鋼であれば、SUJ3やSUJ4等、他の素材を使用してもよい。但し、クロム及び珪素は、窒素の固溶を促進する傾向にあり、多量に含有すると、浸炭窒化後の研削性を悪化させる。従って、クロムの含有量は、3重量%以下、珪素の含有量は、1.0重量%以下とすることが望ましい。

【0077】なお、本実施例では、外輪、内輪、転動体の少なくとも一つに本発明を適用した転がり軸受について説明したが、本発明は、転動体と相対的に転動する相手部材を、単に軸受の外輪、または内輪の一つに限定するものではなく、ハウジング、シャフト、ナット、ネジ等、転動体を相対的に転動する相手部材に適用できるものである。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る転がり軸受は、浸炭窒化処理及び焼入れ処理後の研削取代部に、窒素を0.3重量%以下含有し、完成品の表面層に、炭素を0.9重量%以上且つ1.6重量%以下の範囲で含有し、且つ、窒素を0.05重量%以上且つ0.3重量%以下の範囲で含有してなるため、前記研削取代部に、必要以上に窒素が含有されることがなく、当該窒素の影響により、焼戻し抵抗性や耐摩耗性が必要以上に

向上してしまうことや、必要以上に残留オーステナイトが生成されることを防止することができる。また、本発明に係る浸炭窒化処理により、巨大炭窒化物を析出することなく、微細炭化物と適量の残留オーステナイトを得ることができる。この結果、研削加工性及び転がり寿命を大幅に向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る熱処理の温度履歴を示す図である。

10 【図2】本発明の実施例に係る熱処理の温度履歴を示す図である。

【図3】本発明の実施例に係る熱処理の温度履歴を示す図である。

【図4】本発明の実施例に係る熱処理の温度履歴を示す図である。

【図5】本発明の実施例に係るサンプルの研削取代部における窒素含有量(重量%)とドレスまでの研削個数(個)との関係を示す図である。

20 【図6】本発明の実施例に係るサンプルの完成品表面における窒素含有量(重量%)と転がり寿命(L₁₀)との関係を示す図である。

【図7】本発明の実施例に係るサンプルの完成品表面層における窒素勾配(重量%/mm)と研削取代部における窒素含有量(重量%)との関係を示す。

【図8】従来の転がり軸受の表面層近傍の金属組織及び本発明に係る転がり軸受の表面層近傍の金属組織を示す顕微鏡写真である。

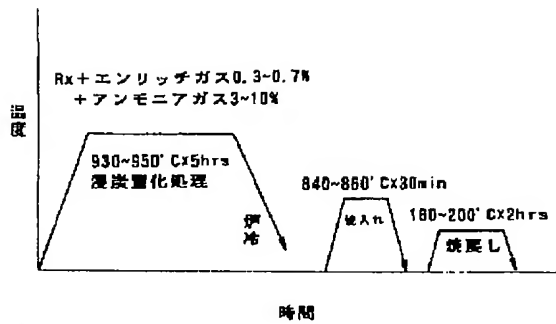
30 【図9】転がり軸受の研削取代部における窒素含有量(重量%)とドレスまでの研削個数(個)との関係を示す図である。

【図10】転がり軸受(完成品)の表面における窒素含有量(重量%)と転がり寿命(L₁₀)との関係を示す図である。

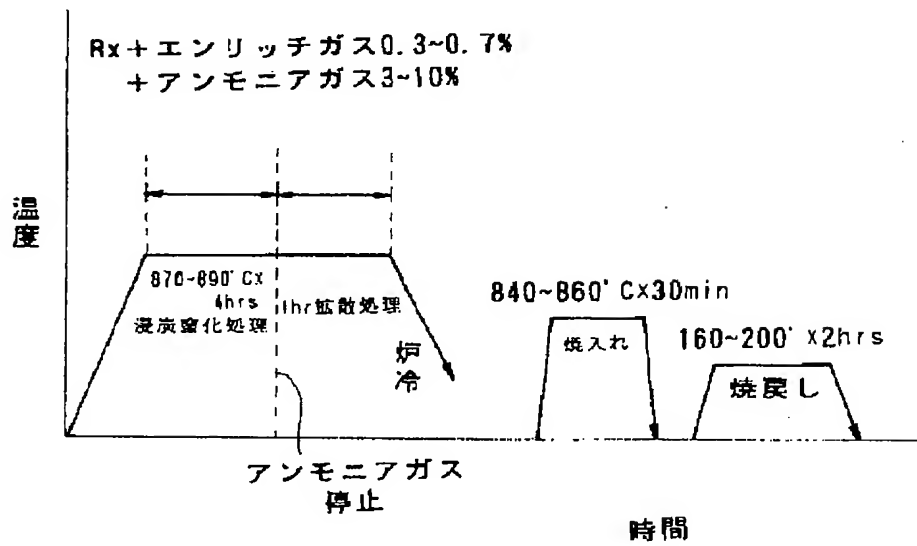
【図11】転がり軸受(完成品)の転動体平均直径の2%深さ位置における窒素含有量(重量%)と転がり寿命との関係を示す図である。

【図12】転がり軸受(完成品)の転動体平均直径の2%深さ位置における窒素含有量(重量%)と転がり寿命との関係を示す図である。

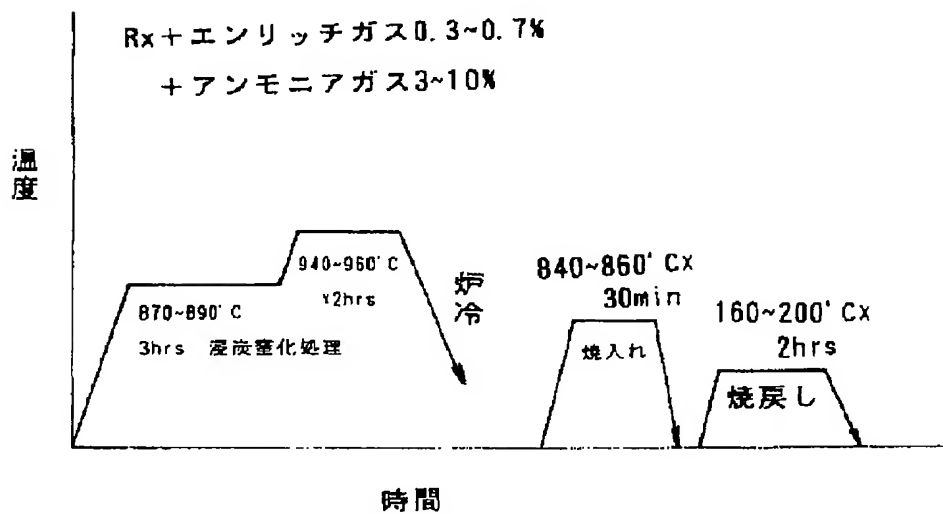
【図1】



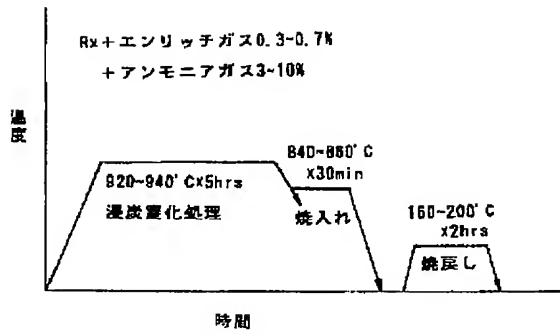
【図2】



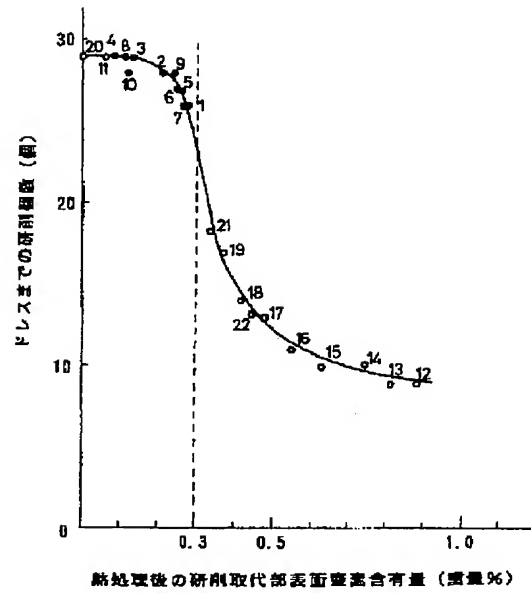
【図3】



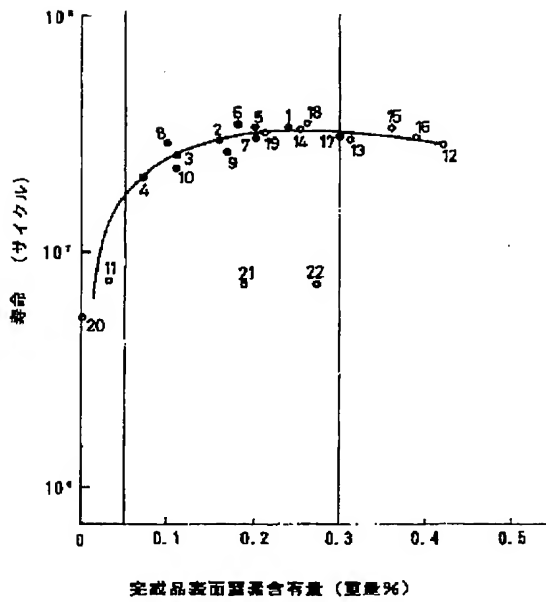
【図4】



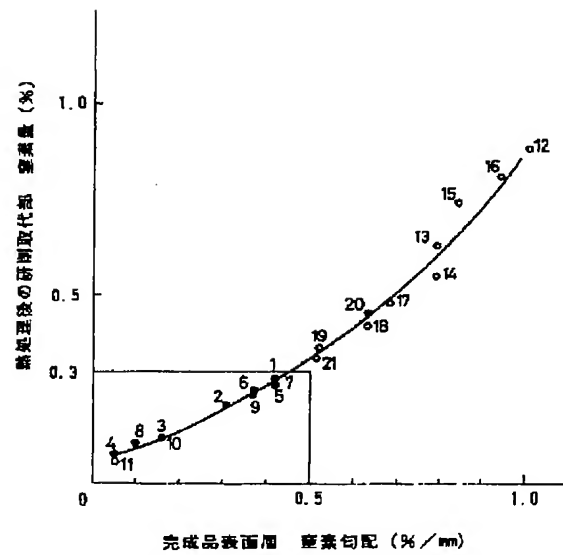
【図5】



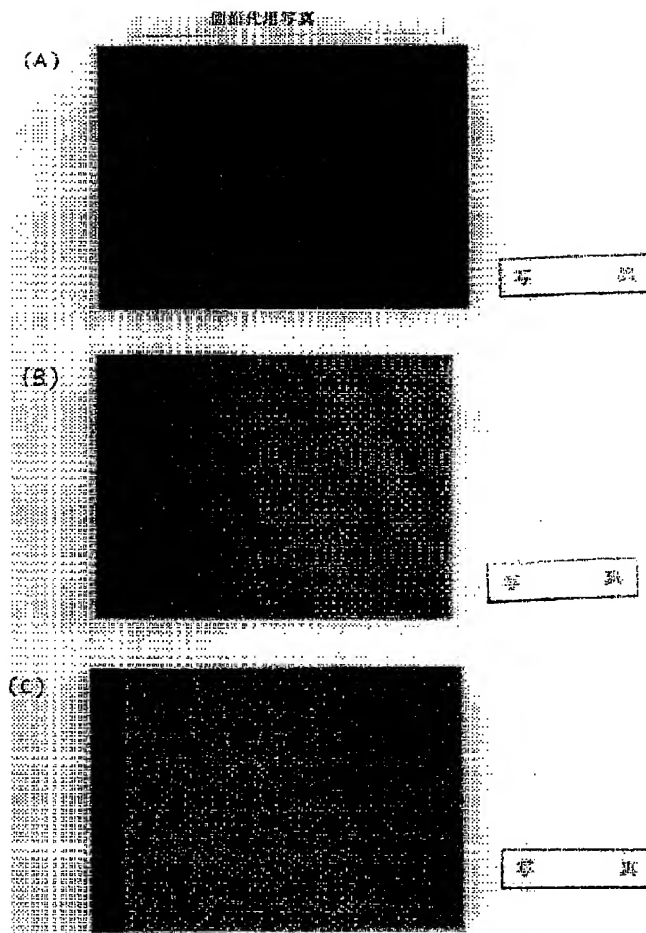
【図6】



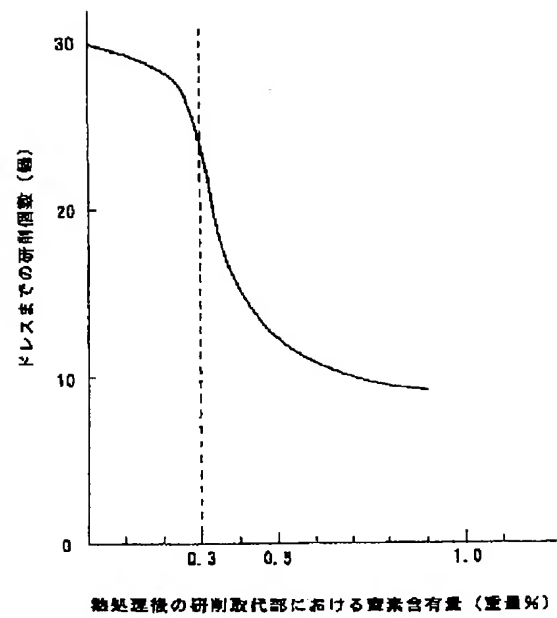
【図7】



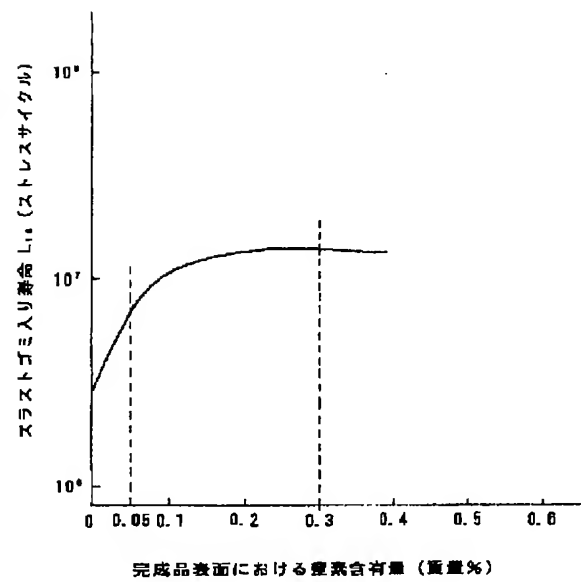
【図 8】



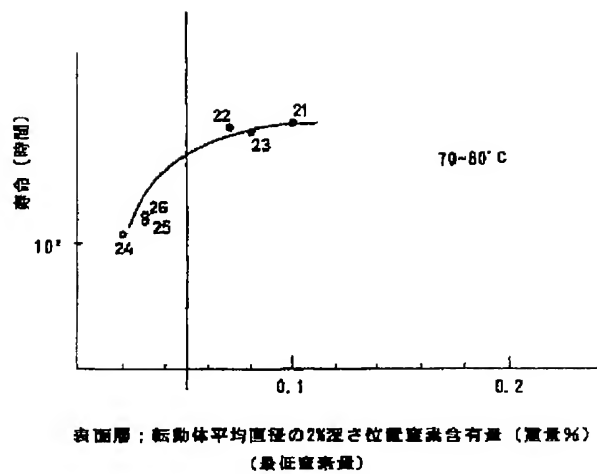
【図 9】



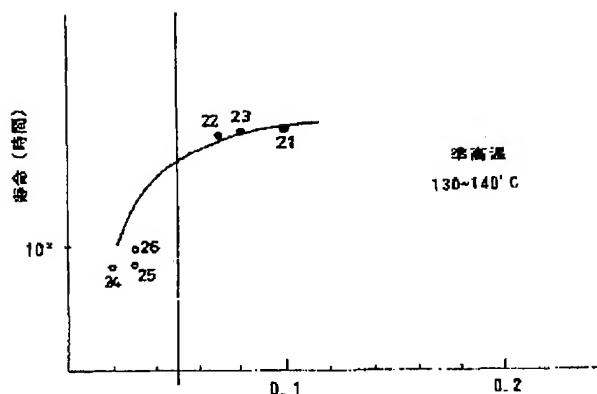
【図 10】



【図 11】



【図12】



表面層; 転動体平均直径の2%深さ位置要素含有量 (重量%)

【手続補正書】

【提出日】平成5年7月20日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】従来から、転がり軸受は、通常、浸炭用鋼からなる素材を圧延した後、これを熱間、温間または冷間で鍛造ならびに旋削される。そして、転がり軸受の寿命を向上させるために、例えば、650～900℃の範囲内の温度で浸炭窒化処理を施した後、油冷却したり、または、900～950℃の範囲内の温度で浸炭処理した後、800～860℃の範囲内の温度で浸炭窒化処理を施し、さらに油冷却する等の、表面硬化処理が施されている。この表面硬化処理により、転がり軸受の焼戻し抵抗性が大幅に改善され、耐摩耗性、耐食性を向上させ、長寿命な軸受を得ている。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正内容】

【0037】次に、本発明に係る熱処理方法について以下に述べる。

『浸炭窒化処理』浸炭処理では、転がり軸受の寿命を向上する目的で、残留オーステナイト量 (γ_R vol%) を最適な値 (例えば、25～45 vol%) とし、さらに残留オーステナイトの存在による表面硬さの低下を補償するため、素材に浸炭処理を施した後、ダイレクトクエン

チによる焼入れを行い、引き続き、2次焼入れする方法をとっている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正内容】

【0038】しかしながら、前記の方法によると、マトリックスに炭素が溶け込む量が多くなり、炭化物へ向けられる炭素が減少するため、生成される炭化物が減少し、必要な表面硬さを得ることが困難となる。そこで、前記炭素濃度を高くして浸炭を行うと、今度は巨大炭化物が発生してしまい、これが起点となってクラックが発生してしまう。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】さらに、浸炭窒化処理により得られる炭窒化物は、浸炭処理により得られる炭化物よりも微細であり、転がり軸受の寿命を向上する上で有効である。従って、本発明では、浸炭窒化処理を採用した。さらに、前記浸炭窒化処理を900℃を越える温度で行うか、または、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から拡散処理を行うこと、または、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から900℃を越える温度で浸炭窒化処理を行うことで、前記研削取代部における窒素含有量及び完成品の表面層における窒素含有量を、容易に最適な値 (請求項1記載の値) にすることが可能と

なる。以下、この理由を述べる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正内容】

【0047】また、この場合、浸炭窒化処理は、850℃以上且つ900℃以下の範囲内の温度で行うことがより好適である。前記浸炭窒化処理温度が850℃未満であると、マトリクスに炭素が侵入しにくくなり、窒素の侵入量が増加して、拡散時間が長くなってしまふ。従って、900℃以下さらに好ましくは、850℃以上且つ900℃以下の範囲内の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から拡散処理を行うことが好適である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正内容】

【0050】しかしながら、本発明の中で、高温で浸炭窒化処理した場合は、ダイレクトクエンチを行うと、長時間加熱により結晶粒度が粗大化し、機械的強度が低下すること、また芯部で素材の炭素量が必要以上に固溶することにより、残留オーステナイトが増加して寸法安定性が悪化することが懸念される。そこで、本発明では、浸炭窒化温度から、 A_1 変態点（723℃）以下に温度を下げた後、再び A_1 変態点以上（焼入れ温度）に上昇保持し、焼入れ・焼戻しを行う。即ち、2次焼入れを行うことで、結晶粒度を微細化でき、かつ芯部の残留オーステナイトを低く抑えることができる。また、2次焼入れ温度の選択により、適量の残留オーステナイトを容易に得ることができる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正内容】

【0051】但し、さらに素材の炭素量が0.5重量%以下の場合は、ダイレクトクエンチを行っても、硬さの低い芯部の存在により機械的強度の低下を抑え、芯部の残留オーステナイト量も抑えることができる。そして、前述した浸炭窒化処理により、表面層の窒素量が低く表面層に適量の残留オーステナイトを得ることが可能になっているので、コスト上、炭素量が0.5重量%以下の素材を用いてダイレクトクエンチ、あるいは浸炭窒化温度から若干温度を下げて保持した後（ A_1 変態点以上）その温度からダイレクトに焼入れを行う（ステップクエンチ）ことが望ましい。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0064

【補正方法】変更

【補正内容】

【0064】前記各々の熱処理を行ったサンプル（サンプルNo. 1～22）について、研削取代部の窒素含有量（重量%）及び完成品表面の炭素含有量及び、完成品の表面層（表面及び2%Da深さ）における窒素含有量（重量%）、表面層の窒素勾配（重量%/mm）及び転がり寿命（ L_{10} ）、ドレスまでの研削個数（個）を調査した。なお、転がり寿命（ L_{10} ）及びドレスまでの研削個数（個）の調査は、前記作用に記載した方法に準じて行った。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正内容】

【0069】また、表1、表2及び図6、図11、図12から、サンプルNo. 21及び22を除き、完成品の表面層における窒素含有量が0.05重量%以上のサンプルは、完成品の表面層における窒素含有量が0.05重量%未満であるサンプルに比べ、転がり寿命（ L_{10} ）が大幅に向上していることが確認された。ここで、完成品の表面層における窒素含有量が、0.3重量%を超えるサンプルは、前記浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部の表面層における窒素含有量が0.3重量%を越えてしまい、研削加工性の向上に支障を来すため適当でない。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0071

【補正方法】変更

【補正内容】

【0071】さらに、前記表1、表2及び図7から、研削取代部における窒素含有量が0.3重量%以下のものは、完成品表面層における窒素勾配が、0.5重量%/mm以下になることが確認された。そして、実施例1～10、23～25のサンプルはいずれも、本発明に係る熱処理（熱処理A、熱処理B、熱処理BX、熱処理C及び熱処理Dのいずれか）が施されていることが確認された。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】次に、本発明に係る転がり軸受（熱処理Aを施したサンプル）の表面層近傍の金属組織と、従来の転がり軸受のそれぞれの熱処理直後（研削加工前）の表面層近傍の金属組織の代表例を示す。図8（A）及び

(B)は、それぞれ表1のサンプルN_o. 13及びサンプルN_o. 18の従来の転がり軸受の表面層近傍の金属組織を示す顕微鏡写真であり、図8(C)は、本発明に係るサンプルN_o. 1の転がり軸受の表面層近傍の金属組織を示す顕微鏡写真である。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正内容】

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る転がり軸受は、浸炭窒化処理及び焼入れ処理後の研削取代部に、窒素を0.3重量%以下含有し、完成品の表面層に、炭素を0.9重量%以上且つ1.6重量%以下の範囲で含有し、且つ、窒素を0.05重量%以上且つ0.3重量%以下の範囲で含有し、さらに窒素勾配0.5重量%/mm以下としてなるため、前記研削取代部に、必要以上に窒素が含有されることがなく、当該窒素の影響により、焼戻し抵抗性や耐摩耗性が必要以上に向上してしまうことや、必要以上に残留オーステナイトが生成されることを防止することができる。また、本発明に係る浸炭窒化処理により、巨大炭窒化物を析出することなく、微細炭化物と適量の残留オーステナイトを得ることができる。この結果、研削加工性及び転がり寿命を大幅に向上することができる。

【手続補正13】

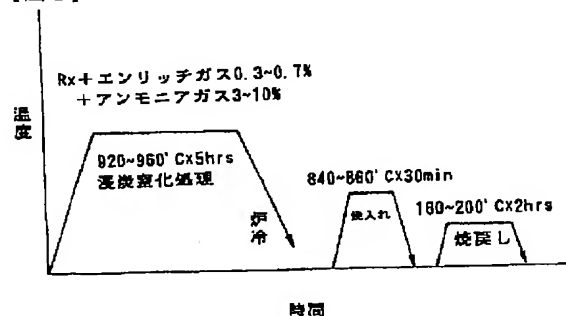
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】



【手続補正14】

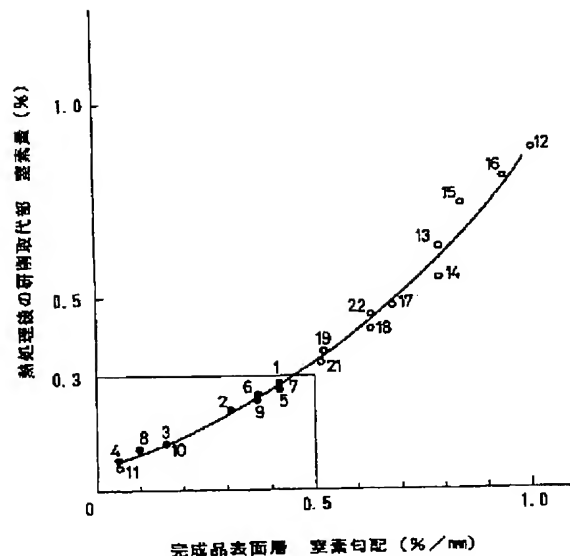
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



【手続補正15】

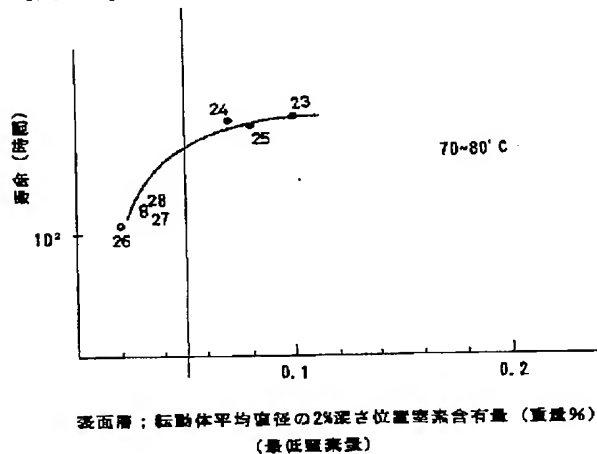
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

【補正内容】

【図11】



【手続補正16】

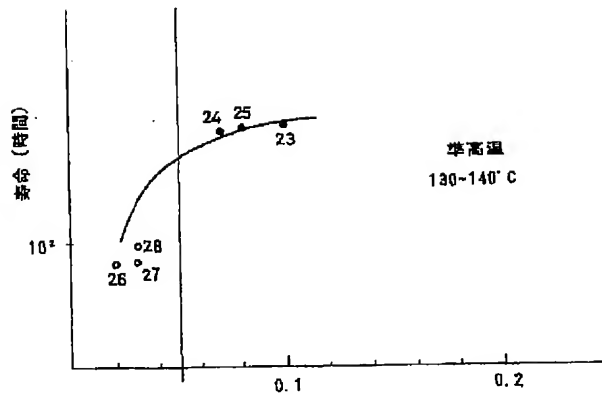
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図12

【補正方法】変更

【補正内容】

【図12】



表面層；粒動体平均直径の2%深さ位置重量含有量（重量%）

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
【部門区分】第5部門第2区分
【発行日】平成12年12月15日（2000.12.15）

【公開番号】特開平6-341441
【公開日】平成6年12月13日（1994.12.13）
【年通号数】公開特許公報6-3415
【出願番号】特願平5-152915
【国際特許分類第7版】

F16C 33/62
C22C 38/00 301
C23C 8/32

【FI】

F16C 33/62
C22C 38/00 301 Z
C23C 8/32

【手続補正書】

【提出日】平成12年5月24日（2000.5.24）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】炭素を0.1重量%以上且つ1.2重量%以下の範囲で含有した合金鋼を素材とし、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後、研削取代部に研削仕上げが施された転がり軸受において、前記転がり軸受の外輪、内輪及び転動体の完成品の少なくとも一つは、表面の炭素濃度が、0.9重量%以上且つ1.6重量%以下、表面の窒素濃度が、0.05重量%以上且つ0.3重量%以下、表面層の窒素勾配が0.5重量%/mm以下、であることを特徴とする転がり軸受。

【請求項2】前記転がり軸受の外輪、内輪及び転動体の完成品の少なくとも一つは、その表面の一部に、窒素濃度が0.3重量%以下である前記研削取代部を備えることを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

【請求項3】前記転がり軸受の外輪、内輪及び転動体の完成品の少なくとも一つは、表面から転動体直径Daの2%に相当する深さ内側の位置における窒素濃度が0.05重量%以上であることを特徴とする請求項1又は2記載の転がり軸受。

【請求項4】請求項1～3のいずれかに記載の転がり軸受の製造方法において、前記浸炭窒化処理を、浸炭窒化ガス雰囲気中において、900℃を超え且つ980℃未満の温度で行うことを特徴とする転がり軸受の製造方法。

【請求項5】請求項1～3のいずれかに記載の転がり軸受の製造方法において、前記浸炭窒化処理を浸炭窒化ガス雰囲気中において900℃以下の温度で行うとともに、その後に、表面に固溶した窒素を芯部に向けて拡散する拡散処理を、前記浸炭窒化ガスのうちアンモニアガスの供給を停止した状態で行うことを特徴とする転がり軸受の製造方法。

【請求項6】請求項1～3のいずれかに記載の転がり軸受の製造方法において、前記浸炭窒化処理を、浸炭窒化ガス雰囲気中において900℃以下の温度で行う処理と、その後の、表面に固溶した窒素を芯部に向けて拡散する、浸炭窒化ガス雰囲気中において900℃を超える温度で行う処理と、から構成することを特徴とする転がり軸受の製造方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、本発明は、炭素を0.1重量%以上且つ1.2重量%以下の範囲で含有した合金鋼を素材とし、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後、研削取代部に研削仕上げが施された転がり軸受において、前記転がり軸受の外輪、内輪及び転動体の完成品の少なくとも一つは、表面の炭素濃度が、0.9重量%以上且つ1.6重量%以下、表面の窒素濃度が、0.05重量%以上且つ0.3重量%以下、表面層の窒素勾配が0.5重量%/mm以下、であることを特徴とする転がり軸受を提供するものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0013

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0013】但し、本発明において、表面層とは、研削後の完成品表面からせん断応力が最大となる転動体直径Daの2%に相当する深さ（以後、『2%Da深さ』という）までをいう。また、窒素勾配とは、表面層における深さ方向の窒素濃度（重量%）の変化の割合（重量%/mm）のことで、 $\{（完成品表面の窒素濃度） - （2\%Da深さの窒素濃度）\} / 2\%Da深さ（重量\%/mm）$ で定義する。なお、前記転がり軸受の外輪、内輪及び転動体の完成品の少なくとも一つは、その表面の一部に、窒素濃度が0.3重量%以下である前記研削取代部を備えることが好ましい。また、前記転がり軸受の外輪、内輪及び転動体の完成品の少なくとも一つは、表面から転動体直径Daの2%に相当する深さ内側の位置における窒素濃度が0.05重量%以上であることが好ましい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0016

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0016】また、完成品の表面に、窒素を0.05重量%以上且つ0.3重量%以下の範囲で含有することで、浸炭窒化処理によって、巨大化した炭化物を析出することなく微細炭化物を得ることができ、転がり疲れ寿命を大幅に向上することができる。以下、本発明に係る転がり軸受に含まれる各種元素の含有量の臨界的意義等について説明する。

【手続補正5】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0024

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0024】『浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の完成品表面における炭素含有量；0.9重量%以上且つ1.6重量%以下』転がり軸受完成品の寿命化を達成するためには、完成品の表面硬さと残留オーステナイト量とが最適な関係となる必要がある。ここで、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の完成品表面における炭素含有量が0.9重量%未満であると、完成品の表面硬さ（Hv）が十分に得られず、完成品の寿命を向上することが困難となる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0025

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0025】一方、前記浸炭窒化処理及び硬化熱処理後

の完成品表面における炭素含有量が1.6重量%を越えると、完成品に、Fe₃C₇、Cr₃C等の巨大炭化物が析出し、これが起点となってクラックが生じ、転がり軸受の寿命を著しく低下させてしまう。従って、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の完成品表面における炭素含有量を0.9重量%以上且つ1.6重量%以下に限定した。

【手続補正7】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0026

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0026】『完成品表面の窒素含有量；0.05重量%以上且つ0.3重量%以下』浸炭窒化処理及び硬化熱処理後、研削仕上げが施された完成品の表面には、転がり軸受の寿命の向上に必要な量の窒素を含有することが要求される。この完成品の表面における窒素含有量と、転がり寿命との関係を以下の方法で調査した。

【手続補正8】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0027

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0027】（調査方法）完成品の表面における窒素含有量が0～0.6重量%の範囲内にあるサンプルを各窒素含有量毎に10個用意し、各サンプルについて、異物混入潤滑下における転がり寿命試験を『特殊鋼便覧』第一版（電気製鋼研究所編、理工学社、1969年5月25日発行）第10～21頁記載のスラスト型軸受鋼寿命試験機を用いて行い、各サンプルにフレーキングが発生した時点までの累積応力繰返し回数（寿命）を調査してワイブルプロットを作成し、各ワイブル分布の結果から各々のL₁₀寿命を求めた。なお、試験条件を以下に示す。

【手続補正9】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0029

【補正方法】 変更

【補正内容】

【0029】図10から、完成品の表面における窒素含有量が、0.05重量%未満であると、窒素の固溶不足により、微細炭窒化物が得られず、転がり寿命（L₁₀寿命）が大幅に低下することが確認できる。大型の軸受においては、せん断応力が最大となる2%Da深さが深くなる（即ち、表面層が深くなる）。大型の軸受の場合も転がり疲労寿命向上に、表面層に適正な量の窒素を含有することが要求されることは、同様である。従って、小型軸受の場合に比べ、より深く窒素が侵入することが必要となる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】また、完成品の表面における窒素含有量が、0.3重量%を越えるサンプルは、前記浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部の表面における窒素含有量が0.3重量%を越えてしまい、研削加工性の向上に支障を来してしまう。従って、完成品表面における窒素含有量を0.05重量%以上且つ0.3重量%以下に限定した。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正内容】

【0034】図7に、完成品表面層の窒素勾配と、研削取代部の窒素含有量（重量%、最大値）との関係を示す。図7から、完成品表面層の窒素勾配が0.5重量%/mmを越えると、研削取代部の窒素含有量が0.3重量%を越えてしまうことが確認できる。従って、完成品表面層の窒素勾配を0.5重量%/mm以下と限定した。また、研削加工性をより考慮すると、望ましくは、完成品表面層の窒素勾配を0.4重量%/mm以下とすることが好適である。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正内容】

【0035】一方、大型の軸受においては、研削取代部の窒素含有量が、0.3重量%を越えており、寿命も短いのに、完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mm以下となるものがある（後述する表2参照）。しかしながら、これらは、前記完成品表面の窒素含有量についての条件、即ち、含有量が0.05～0.3重量%の条件を満たさない（2%D_a深さで、0.05重量%未満となる）。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正内容】

【0036】同様に、小型の軸受において、研削取代部で窒素含有量が、0.3重量%を越えるのに、完成品表面の窒素含有量が、0.05～0.3重量%を満たすものがある（後述する表1参照）。しかしながら、これらは、窒素勾配0.5重量%/mm以下の条件を満たさない。即ち、小型軸受から比較的大型の軸受まで、前記2つの条件を同時に満たせば、研削加工性と転がり耐久性

を同時に得ることができる。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正内容】

【0040】さらに、浸炭窒化処理により得られる炭窒化物は、浸炭処理により得られる炭化物よりも微細であり、転がり軸受の寿命を向上する上で有効である。従って、本発明では、浸炭窒化処理を採用した。さらに、前記浸炭窒化処理を900℃を越える温度で行うか、または、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から拡散処理を行うこと、または、900℃以下の温度で浸炭窒化処理を行い、途中から900℃を越える温度で浸炭窒化処理を行うことで、前記研削取代部における窒素含有量及び完成品の表面における窒素含有量を、容易に最適な値（請求項1記載の値）にすることが可能となる。以下、この理由を述べる。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正内容】

【0065】この結果を表1に示す。また、図5に、前記各サンプルの研削取代部における窒素含有量（重量%）とドレスまでの研削個数（個）との関係を、図6に、完成品の表面における窒素含有量（重量%）と転がり寿命（L₁₀）との関係を、図7に完成品の表面層における窒素勾配（重量%/mm）と研削取代部における窒素含有量（重量%）との関係を示す。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正内容】

【0069】また、表1、表2及び図6、図11、図12から、サンプルNo. 21及び22を除き、完成品の表面における窒素含有量が0.05重量%以上のサンプルは、完成品の表面における窒素含有量が0.05重量%未満であるサンプルに比べ、転がり寿命（L₁₀）が大幅に向上していることが確認された。ここで、完成品の表面における窒素含有量が、0.3重量%を越えるサンプルは、前記浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部の表面における窒素含有量が0.3重量%を越えてしまい、研削加工性の向上に支障を来すため適当でない。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0070

【補正方法】変更

【補正内容】

【0070】サンプルNo. 21は、完成品表面における窒素含有量が、0.05重量%以上にもかかわらず、転がり寿命が低い、これは、完成品表面の炭素の含有量が、1.6重量%を上回っていることにより、転がり寿命に対し、有害な巨大炭化物の析出が生じているためである。サンプルNo. 22も転がり寿命が低い、これは、完成品表面の炭素の含有量が0.9重量%を下回っており十分な表面硬さが得られないためである。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0072

【補正方法】変更

【補正内容】

【0072】サンプルNo. 11は、窒素勾配の条件を満たしており、ドレインインターバルが大きくなっているが、窒素含有量が少なすぎるため、転がり寿命が短くなっている。これは、熱処理AXの浸炭窒化処理温度が、980～990℃と高すぎるためである。逆に、完成品表面の窒素含有量が、0.05～0.3重量%でも、研削取代部の窒素含有量0.3重量%を上回るもの（比較例14、17～19、21、22）があるが、これらは、完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mmを上回っている。また、完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mm以下でも、研削取代部の窒素含有量が、0.3重量%を上回り、転がり寿命も短いもの（比較例27、28）があるが、これらは、2%D_a深さの窒素含有量が、0.05重量%を割っている。即ち、完成品表面層の窒素含有量と窒素勾配の条件を同時に満たすことが必要である。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】以上の結果から、浸炭窒化処理及び硬化熱処理後の研削取代部における窒素含有量が0.3重量%以下、及び完成品表面の炭素が含有量が0.9重量%以上且つ1.6重量%以下の範囲であって、完成品の表面における窒素含有量が0.05重量%以上且つ0.3重量%以下の範囲で、さらに、完成品表面層の窒素勾配が、0.5重量%/mm以下であるサンプル（No. 1～No. 10及びNo. 23～25；発明品）は、研削加工性及び転がり寿命が大幅に向上したことが立証された。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正内容】

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る転がり軸受は、浸炭窒化処理及び焼入れ処理後の研削取代部に、窒素を0.3重量%以下含有し、完成品の表面に、炭素を0.9重量%以上且つ1.6重量%以下の範囲で含有し、且つ、窒素を0.05重量%以上且つ0.3重量%以下の範囲で含有し、さらに窒素勾配0.5重量%/mm以下としてなるため、前記研削取代部に、必要以上に窒素が含有されることがなく、当該窒素の影響により、焼戻し抵抗性や耐摩耗性が必要以上に向上してしまうことや、必要以上に残留オーステナイトが生成されることを防止することができる。また、本発明に係る浸炭窒化処理により、巨大炭窒化物を析出することなく、微細炭化物と適量の残留オーステナイトを得ることができる。この結果、研削加工性及び転がり寿命を大幅に向上することができる。